

FELADATKIÍRÁS

Jelenetértelmezés megvalósítása autonóm járművekhez mély neurális hálók segítségével. A gépi tanulás új módszerei az intelligens érzékelés számos területét forradalmasították az elmúlt évtizedben. Ezen módszerek közül külön figyelmet érdemel a mély tanulás (Deep Learning), amely a gépi tanulás legtöbb területén state of the art megoldásnak számít. A mély tanulás egyik legfontosabb alkalmazása a jelenetértelmezésben (scene understanding) történik, ahol az környezetben található objektumok minél több jellemzőjét és ezek kapcsolatait kívánjuk feltárni.

Az utóbbi néhány évben a mély tanulás kutatásának egyik fontos fókusza a különböző mobilis robotokban történő alkalmazása, amelyek a robot aktuális környezetének átfogó ismeretét igénylik. Az alkalmazások közül kiemelhető az autonóm járművek területe, ahol az objektumokról meghatározott információ teljessége és megbízhatósága kiemelten fontos.

A diplomatervezés során a hallgató feladata egy olyan algoritmus készítése, amely képes bemeneti kép vagy videofolyam alapján az abban található objektumok felismerésére és a jármű számára releváns információk (sebesség, forma, relációk stb.) kinyerésére.

A hallgató feladatának a következőkre kell kiterjednie:

- Tanulmányozza át a téma releváns szakirodalmát. Vizsgálja meg, hogy más műhelyek milyen megoldásokat alkalmaznak.
- Készítsen rendszertervet egy megoldásra, amely képes a jelenetértelmezés elvégzésére.
- Végezze el az algoritmus fejlesztését és tanítását.
- Tesztelje a megoldás pontosságát és hatékonyságát, valamint végezze el a tanuló algoritmus validációját.
- Vizsgálja a megoldást valósídejűség szempontjából.

Tanszéki konzulens: Szemenyei Márton



Budapest University of Technology and Economics
Faculty of Electrical Engineering and Informatics
Department of Control Engineering and Information Technology

Driving Scene Understanding with Stereo RGB cameras and CNN synergy

MASTER'S THESIS

Author

Najib Ghadri

Advisor

Márton Szemenyei

May 28, 2020

Contents

Abstract	i
1 Introduction	1
2 L^AT_EX-eszközök	2
2.1 A szerkesztéshez használatos eszközök	2
2.2 A dokumentum lefordítása Windows alatt	3
2.3 Eszközök Linuxhoz	3
3 A dolgozat formai kivitele	5
3.1 A dolgozat kimérete	5
3.2 A dolgozat nyelve	5
3.3 A dokumentum nyomdatechnikai kivitele	5
4 A L^AT_EX-sablon használata	7
4.1 Címkék és hivatkozások	7
4.2 Ábrák és táblázatok	7
4.3 Felsorolások és listák	9
4.4 Képletek	10
4.5 Irodalmi hivatkozások	11
4.6 A dolgozat szerkezete és a forrásfájlok	14
4.7 Alapadatok megadása	16
4.8 Új fejezet írása	16
4.9 Definíciók, tételek, példák	16
Acknowledgements	17
Bibliography	18
Appendix	19
A.1 A TeXstudio felülete	19

A.2	Válasz az „Élet, a világmindenség, meg minden” kérdésére	19
-----	--	----

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott *Ghadri Najib*, szigorló hallgató kijelentem, hogy ezt a szakdolgozatot meg nem engedett segítség nélkül, saját magam készítettem, csak a megadott forrásokat (szakirodalom, eszközök stb.) használtam fel. Minden olyan részt, melyet szó szerint, vagy azonos értelemben, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen, a forrás megadásával megjelöltem.

Hozzájárulok, hogy a jelen munkám alapadatait (szerző(k), cím, angol és magyar nyelvű tartalmi kivonat, készítés éve, konzulens(ek) neve) a BME VIK nyilvánosan hozzáférhető elektronikus formában, a munka teljes szövegét pedig az egyetem belső hálózatán keresztül (vagy autentikált felhasználók számára) közzétegye. Kijelentem, hogy a benyújtott munka és annak elektronikus verziója megegyezik. Dékáni engedéllyel titkosított diplomatervek esetén a dolgozat szövege csak 3 év eltelte után válik hozzáférhetővé.

Budapest, 2020. május 28.

Ghadri Najib
hallgató

Abstract

Autonomous driving is undoubtedly the future of transportation. The comfort that it brings us is what drives us to work on making it real. We already have autonomous systems in public transportation in abundance, but it is different when we talk about the car roads. Driving a car requires near-human intelligence due to the nature of the environment, in fact it is impossible to define the environment. A train's or subway's environment can be defined mathematically and hence controlled easily, but for a machine to drive a car, it has to understand what we understand, and what we understand is even hard to define ourselves.

Computer science has come a long way, and we have already seen the rise of artificial intelligence algorithms and their effectiveness. Out of these methods Deep Learning and Convolutional Neural Networks are key tools in achieving our goal. With these algorithms computers learn general concepts of the world, and this is essential to make a safe autonomous driving (AD) system. We will see in this work briefly what they are and how they work.

Some notable companies have already achieved a high level AD, most notably Tesla, or another AD supplier MobileEye. These companies use algorithms that are developed globally and publicly and I am going to use the same algorithms to partly achieve what they have achieved.

In this work I am going to create a Scene Understanding system specialized for driving situations. I researched how existing autonomous driving systems have been built, and inspired - in part by the two aforementioned companies - I designed a system that is capable of recognizing important information for a car on the road, then evaluated the system, measured its validity for real situations and provided further improvement notes on my work.

Chapter 1

Introduction

A bevezető tartalmazza a diplomaterv-kiírás elemzését, történelmi előzményeit, a feladat indokoltságát (a motiváció leírását), az eddigi megoldásokat, és ennek tükrében a hallgató megoldásának összefoglalását.

A bevezető szokás szerint a diplomaterv felépítésével záródik, azaz annak rövid leírásával, hogy melyik fejezet mivel foglalkozik.

Chapter 2

L^AT_EX-eszközök

2.1 A szerkesztéshez használatos eszközök

Ez a sablon TeXstudio 2.8.8 szerkesztővel készült. A TeXstudio egy platformfüggetlen, Windows, Linux és Mac OS alatt is elérhető L^AT_EX-szerkesztőprogram számtalan hasznos szolgáltatással (figure 2.1). A szoftver ingyenesen letölthető¹.

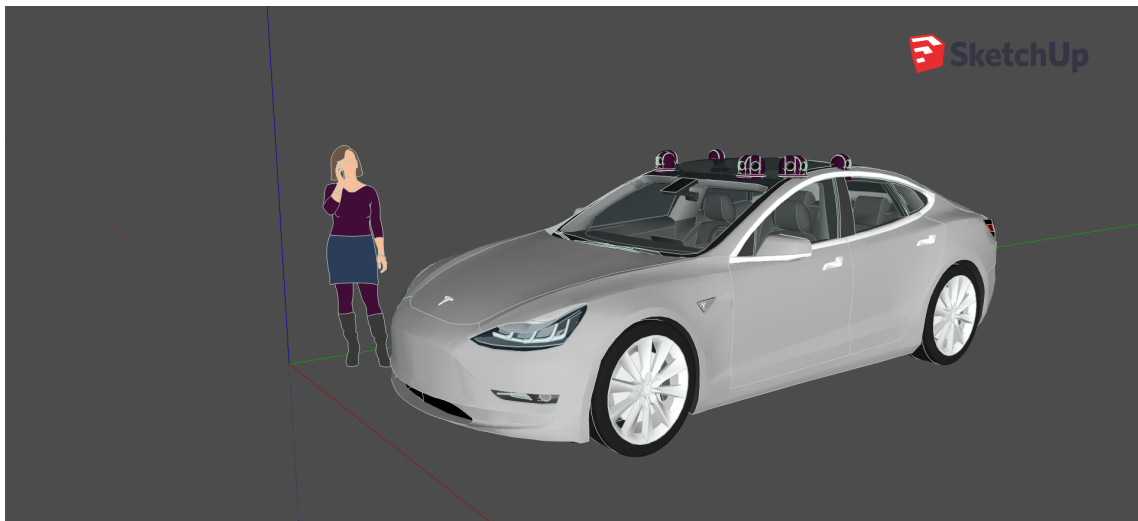


Figure 2.1: A TeXstudio L^AT_EX-szerkesztő.

A TeXstudio telepítése után érdemes még letölteni a magyar nyelvű helyesíráseellenőrző-szótárakat hozzá. A TeXstudio az OpenOffice-hoz használatos formátumot tudja kezelni. A TeXstudio beállításainál a General fülön a Dictionaries résznél tudjuk megadni, hogy melyik szótárt használja.

Egy másik használható Windows alapú szerkesztőprogram a LEd² (LaTeX Editor), a TeXstudio azonban stabilabb, gyorsabb, és jobban használható.

¹A TeXstudio hivatalos oldala: <http://texstudio.sourceforge.net/>

²A LEd hivatalos oldala: <http://www.latexeditor.org/>

2.2 A dokumentum lefordítása Windows alatt

A TeXstudio és a LEd kizárólag szerkesztőprogram (bár az utóbbiban DVI-nézegető is van), így a dokumentum fordításához szükséges eszközöket nem tartalmazza. Windows alatt alapvetően két lehetőség közül érdemes választani: MiKTeX (<http://miktex.org/>) és TeX Live (<http://www.tug.org/texlive/>) programcsomag. Az utóbbi működik Mac OS X, GNU/Linux alatt és Unix-származékokon is. A MiKTeX egy alapcsomag telepítése után mindig letölti a használt funkciókhoz szükséges, de lokálisan hiányzó \TeX -csomagokat, míg a TeX Live DVD ISO verzióban férhető hozzá. Ez a dokumentum TeX Live 2008 programcsomag segítségével fordult, amelynek DVD ISO verziója a megadott oldalról letölthető. A sablon lefordításához a disztribúcióban szereplő magyar.ldf fájlt a <http://www.math.bme.hu/latex/> változatra kell cserélni, vagy az utóbbi változatot be kell másolni a projekt-könyvtárba (ahogy ezt meg is tettük a sablonban) különben anomáliák tapasztalhatók a dokumentumban (pl. az ábra- és táblázat-aláírások formátuma nem a beállított lesz, vagy bizonyos oldalakon megjelenik alapértelmezésben egy fejléc). A TeX Live 2008-at még nem kell külön telepíteni a gépre, elegendő DVD-ről (vagy az ISO fájlból közvetlenül, pl. DaemonTools-szal) használni.

Ha a MiKTeX csomagot használjuk, akkor parancssorból a következő módon tudjuk újrafordítani a teljes dokumentumot:

```
$ texify -p thesis.tex
```

A texify parancs a MiKTeX programcsomag miktex/bin alkönyvtárában található. A parancs gondoskodik arról, hogy a szükséges lépéseket (fordítás, hivatkozások generálása stb.) a megfelelő sorrendben elvégezze. A -p kapcsoló hatására PDF-et generál. A fordítást és az ideiglenes fájlok törlését elvégezhetjük a sablonhoz mellékelt manual_build.bat szkript segítségével is.

A \TeX -eszközöket tartalmazó programcsomag binárisainak elérési útját gyakran be kell állítani a szerkesztőprogramban, például TeXstudio esetén leggyorsabban az Options / Configure TeXstudio... / Commands menüponttal előhívott dialógusablakban tehetjük ezt meg.

A PDF- \LaTeX használata esetén a generált dokumentum közvetlenül PDF-formátumban áll rendelkezésre. Amennyiben a PDF-fájl egy PDF-nézőben (pl. Adobe Acrobat Reader vagy Foxit PDF Reader) meg van nyitva, akkor a fájlleíró a PDF-néző program tipikusan lefoglalja. Ilyen esetben a dokumentum újrafordítása hibaüzenettel kilép. Ha bezárjuk és újra megnyitjuk a PDF dokumentumot, akkor pedig a PDF-nézők többsége az első oldalon nyitja meg a dokumentumot, nem a legutóbb olvasott oldalon. Ezzel szemben például az egyszerű és ingyenes [Sumatra PDF](#) nevű program képes arra, hogy a megnyitott dokumentum megváltozását detektálja, és frissítse a nézetet az aktuális oldal megtartásával.

2.3 Eszközök Linuxhoz

Linux operációs rendszer alatt is rengeteg szerkesztőprogram van, pl. a KDE alapú Kile jól használható. Ez ingyenesen letölthető, vagy éppenséggel az adott Linux-disztribúció eleve tartalmazza, ahogyan a dokumentum fordításához szükséges csomagokat is. Az Ubuntu Linux disztribúciók alatt például legtöbbször a texlive-* csomagok telepítésével használhatók a \LaTeX -eszközök. A jelen sablon fordításához szükséges csomagok (kb. 0,5 GB) az alábbi paranccsal telepíthetők:

```
$ sudo apt-get install texlive-latex-extra texlive-fonts-extra texlive-fonts-recommended  
texlive-xetex texlive-science
```

Amennyiben egy újabb csomag hozzáadása után hiányzó fájlra utaló hibát kapunk a fordítótól, telepítenünk kell az azt tartalmazó TeX Live csomagot. Ha pl. a bibentry csomagot szeretnénk használni, futtassuk az alábbi parancsot:

```
$ apt-cache search bibentry  
texlive-luatex - TeX Live: LuaTeX packages
```

Majd telepítsük fel a megfelelő TeX Live csomagot, jelen esetben a ‘texlive-lualatex’-et. (Egy LaTeX csomag több TeX Live csomagban is szerepelhet.)

Ha gyakran szerkesztünk más L^AT_EX dokumentumokat is, kényelmes és biztos megoldás a teljes TeX Live disztribúció telepítése, ez azonban kb. 4 GB helyet igényel.

```
sudo apt-get install texlive-full
```

Chapter 3

A dolgozat formai kivitele

Az itt található információk egy része a BME VIK Hallgatói Képviselőlet által készített „Utolsó félév a villanykaron” c. munkából lett kis változtatásokkal átemelve. Az eredeti dokumentum az alábbi linken érhető el: <http://vik.hk/hirek/diplomafelev-howto-2015>.

3.1 A dolgozat kimérete

Szakdolgozat esetében minimum 30, 45 körüli ajánlott oldalszám lehet az iránymutató. De mindenképp érdemes rákérdezni a konzulensnél is az elvárásokra, mert tanszékenként változóak lehetnek az elvárások.

Mesterképzésen a Diplomatervezés 1 esetében a beszámoló még inkább az Önálló laboratóriumi beszámolókhöz hasonlít, tanszékenként eltérő formai követelményekkel, – egy legalább 30 oldal körüli dolgozat az elvárt – és az elmúlt fél éves munkáról szól. De egyben célszerű, ha ez a végleges diplomaterv alapja is. (A végleges 60-90 oldal körülbelül a hasznos részre nézve)

3.2 A dolgozat nyelve

Mivel Magyarországon a hivatalos nyelv a magyar, ezért alapértelmezésben magyarul kell megírni a dolgozatot. Aki külföldi posztgraduális képzésben akar részt venni, nemzetközi szintű tudományos kutatást szeretne végezni, vagy multinacionális cégnél akar elhelyezkedni, annak célszerű angolul megírnia diplomadolgozatát. Mielőtt a hallgató az angol nyelvű verzió mellett dönt, erősen ajánlott mérlegelni, hogy ez mennyi többletmunkát fog a hallgatónak jelenteni fogalmazás és nyelvhelyesség terén, valamint – nem utolsósorban – hogy ez mennyi többletmunkát fog jelenteni a konzulens illetve bíráló számára. Egy nehezen olvasható, netalán érthetetlen szöveg teher minden játékos számára.

3.3 A dokumentum nyomdatechnikai kivitele

A dolgozatot A4-es fehér lapra nyomtatva, 2,5 centiméteres margóval (+1 cm kötésbeni), 11–12 pontos betűmérettel, talpas betűtípussal és másfeles sorközzel célszerű elkészíteni.

Annak érdekében, hogy a dolgozat külsőleg is igényes munka benyomását keltse, érdemes figyelni az alapvető tipográfiai szabályok betartására [3].

Chapter 4

A L^AT_EX-sablon használata

Ebben a fejezetben röviden, implicit módon bemutatjuk a sablon használatának módját, ami azt jelenti, hogy sablon használata ennek a dokumentumnak a forráskódját tanulmányozva válik teljesen világossá. Amennyiben a szoftver-keretrendszer telepítve van, a sablon alkalmazása és a dolgozat szerkesztése L^AT_EX-ben a sablon segítségével tapasztalataink szerint jóval hatékonyabb, mint egy WYSWYG (*What You See is What You Get*) típusú szövegszerkesztő esetén (pl. Microsoft Word, OpenOffice).

4.1 Címkék és hivatkozások

A L^AT_EX dokumentumban címkéket (`\label`) rendelhetünk ábrákhoz, táblázatokhoz, fejezetekhez, listákhoz, képletekhez stb. Ezekre a dokumentum bármely részében hivatkozhatunk, a hivatkozások automatikusan feloldásra kerülnek.

A sablonban makrókat definiáltunk a hivatkozások megkönnyítéséhez. Ennek megfelelően minden ábra (*figure*) címkéje `fig:` kulcsszóval kezdődik, míg minden táblázat (*table*), képlet (*equation*), fejezet (*section*) és lista (*listing*) rendre a `tab:`, `eq:`, `sec:` és `lst:` kulcsszóval kezdődik, és a kulcsszavak után tetszőlegesen választott címke használható. Ha ezt a konvenciót betartjuk, akkor az előbbi objektumok számára rendre a `\figref`, `\tabref`, `\eqref`, `\sectref` és `\listref` makrókkal hivatkozhatunk. A makrók paramétere a címke, amelyre hivatkozunk (a kulcsszó nélkül). Az összes említett hivatkozástípus, beleértve az `\url` kulcsszóval bevezetett web-hivatkozásokat is a `hyperref`¹ csomagnak köszönhetően aktívak a legtöbb PDF-nézegetőben, rájuk kattintva a dokumentum megfelelő oldalára ugrik a PDF-néző vagy a megfelelő linket megnyitja az alapértelmezett böngészővel. A `hyperref` csomag a kimeneti PDF-dokumentumba könyvjelzőket is készít a tartalomjegyzékből. Ez egy szintén aktív tartalomjegyzék, amelynek elemeire kattintva a nézegető behozza a kiválasztott fejezetet.

4.2 Ábrák és táblázatok

Használjunk vektorgrafikus ábrákat, ha van rá módunk. PDFLaTeX használata esetén PDF formátumú ábrákat lehet beilleszteni könnyen, az EPS (PostScript) vektorgrafikus képfarmátum beillesztését a PDFLaTeX közvetlenül nem támogatja (de lehet konvertálni,

¹Segítségével a dokumentumban megjelenő hivatkozások nem csak dinamikussá válnak, de színezzhetők is, bővebbet erről a csomag dokumentációjában találunk. Ez egyúttal egy példa lábjegyzet írására.

lásd később). Ha vektorgrafikus formában nem áll rendelkezésünkre az ábra, akkor a veszteségmentes PNG, valamint a veszteséges JPEG formátumban érdemes elmenteni. Figyeljünk arra, hogy ilyenkor a képek felbontása elég nagy legyen ahhoz, hogy nyomtatásban is megfelelő minőséget nyújtson (legalább 300 dpi javasolt). A dokumentumban felhasznált képfájlokat a dokumentum forrása mellett érdemes tartani, archiválni, mivel ezek hiányában a dokumentum nem fordul újra. Ha lehet, a vektorgrafikus képeket vektorgrafikus formátumban is érdemes elmenteni az újrafelhasználhatóság (az átszerkeszthetőség) érdekében.

Kapcsolási rajzok legtöbbször kimásolhatók egy vektorgrafikus programba (pl. CorelDraw) és onnan nagyobb felbontással raszterizálva kimenthetőek PNG formátumban. Ugyanakkor kiváló ábrák készíthetők Microsoft Visio vagy hasonló program használatával is: Visio-ból az ábrák közvetlenül PDF-be is menthetők.

Lehetőségeink Matlab ábrák esetén:

- Képernyőlopás (*screenshot*) is elfogadható minőségű lehet a dokumentumban, de általában jobb felbontást is el lehet érni más módszerrel.
- A Matlab ábrát a File/Save As opcióval lementhetjük PNG formátumban (ugyanaz itt is érvényes, mint korábban, ezért nem javasoljuk).
- A Matlab ábrát az Edit/Copy figure opcióval kimásolhatjuk egy vektorgrafikus programba is és onnan nagyobb felbontással raszterizálva kimenthetjük PNG formátumban (nem javasolt).
- Javasolt megoldás: az ábrát a File/Save As opcióval EPS *vektorgrafikus* formátumban elmentjük, PDF-be konvertálva beillesztjük a dolgozatba.

Az EPS kép az `epstopdf` programmal² konvertálható PDF formátumba. Célszerű egy batch-fájlt készíteni az összes EPS ábra lefordítására az alábbi módon (ez Windows alatt működik).

```
@echo off
for %%j in (*.eps) do (
    echo converting file "%%j"
    epstopdf "%%j"
)
echo done .
```

Egy ilyen parancsfájl (`convert.cmd`) elhelyeztük a sablon `figures\eps` könyvtárba, így a felhasználónak csak annyi a dolga, hogy a `figures\eps` könyvtárba kimenti az EPS formátumú vektorgrafikus képet, majd lefuttatja a `convert.cmd` parancsfájlt, ami PDF-be konvertálja az EPS fájlt.

Ezek után a PDF-ábrát ugyanúgy lehet a dokumentumba beilleszteni, mint a PNG-t vagy a JPEG-et. A megoldás előnye, hogy a lefordított dokumentumban is vektorgrafikusan tárolódik az ábra, így a mérete jóval kisebb, mintha raszterizáltuk volna beillesztés előtt. Ez a módszer minden – az EPS formátumot ismerő – vektorgrafikus program (pl. CorelDraw) esetén is használható.

A képek beillesztésére a chapter 2ben mutattunk be példát (figure 2.1). Az előző mondatban egyúttal az automatikusan feloldódó ábrahivatkozásra is láthatunk példát. Több képfájl is beilleszthetünk egyetlen ábrába. Az egyes képek közötti horizontális és vertikális margót metrikusan szabályozhatjuk (figure 4.1). Az ábrák elhelyezését számtalan

²a korábban említett L^AT_EX-disztribúciókban megtalálható

tipográfiai szabály egyidejű teljesítésével a fordító maga végzi, a dokumentum írója csak preferenciáit jelezheti a fordító felé (olykor ez bosszúságot is okozhat, ilyenkor pl. a kép méretével lehet játszani).

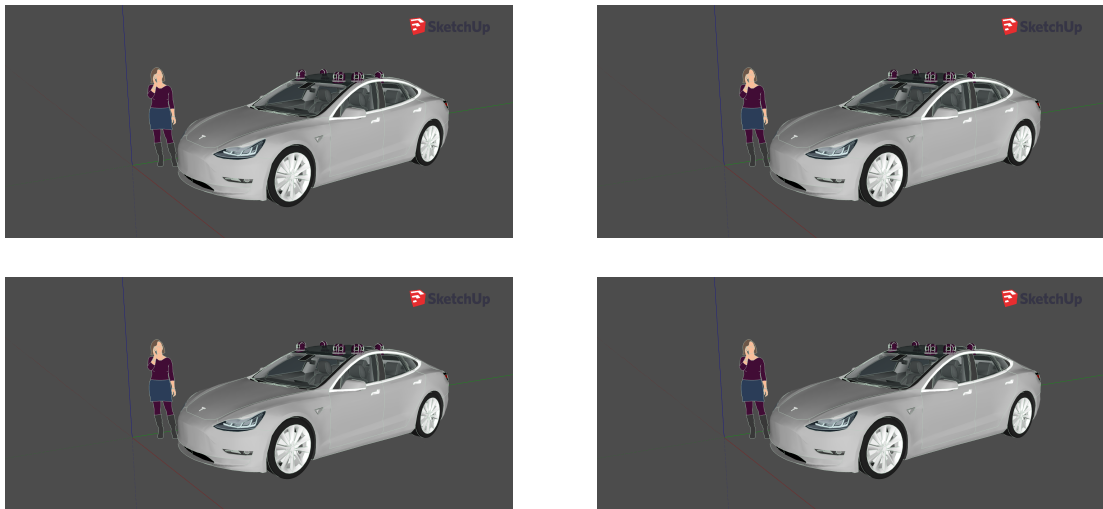


Figure 4.1: Több képfájl beillesztése esetén térközoeket is érdemes használni.

A táblázatok használatára a 4.1 táblázat mutat példát. A táblázatok formázásához hasznos tanácsokat találunk a booktabs csomag dokumentációjában.

Órajel	Frekvencia	Cél pin
CLKA	100 MHz	FPGA CLK0
CLKB	48 MHz	FPGA CLK1
CLKC	20 MHz	Processzor
CLKD	25 MHz	Ethernet chip
CLKE	72 MHz	FPGA CLK2
XBUF	20 MHz	FPGA CLK3

Table 4.1: Az órajel-generátor chip órajel-kimenetei.

4.3 Felsorolások és listák

Számozatlan felsorolásra mutat példát a jelenlegi bekezdés:

- *első bajusz:* ide lehetne írni az első elem kifejtését,
- *második bajusz:* ide lehetne írni a második elem kifejtését,
- *ez meg egy szakáll:* ide lehetne írni a harmadik elem kifejtését.

Számozott felsorolást is készíthetünk az alábbi módon:

1. *első bajusz:* ide lehetne írni az első elem kifejtését, és ez a kifejtés így néz ki, ha több sorosra sikeredik,
2. *második bajusz:* ide lehetne írni a második elem kifejtését,

3. *ez meg egy szakáll:* ide lehetne írni a harmadik elem kifejtését.

A felsorolásokban sorok végén vessző, az utolsó sor végén pedig pont a szokásos írásjel. Ez alól kivételt képezhet, ha az egyes elemek több teljes mondatot tartalmaznak.

Listákban a dolgozat szövegétől elkülönítendő kódrészleteket, programsorokat, pszeudokódokat jeleníthetünk meg (4.1. kódrészlet).

```
\begin{enumerate}
  \item \emph{első bajusz:} ide lehetne írni az első elem kifejtését,
  és ez a kifejtés így néz ki, ha több sorosra sikeredik,
  \item \emph{második bajusz:} ide lehetne írni a második elem kifejtését,
  \item \emph{ez meg egy szakáll:} ide lehetne írni a harmadik elem kifejtését.
\end{enumerate}
```

Listing 4.1: A fenti számozott felsorolás L^AT_EX-forráskódja

A lista keretét, háttérszínét, egész stílusát megválaszthatjuk. Ráadásul különféle programnyelveket és a nyelveken belül kulcsszavakat is definiálhatunk, ha szükséges. Erről bővebbet a listings csomag hivatalos leírásában találhatunk.

4.4 Képletek

Ha egy formula nem túlságosan hosszú, és nem akarjuk hivatkozni a szövegből, mint például a $e^{i\pi} + 1 = 0$ képlet, *szövegközi képletként* szokás leírni. Csak, hogy másik példát is lássunk, az $U_i = -d\Phi/dt$ Faraday-törvény a $\text{rot } E = -\frac{dB}{dt}$ differenciális alakban adott Maxwell-egyenlet felületre vett integráljából vezethető le. Látható, hogy a L^AT_EX-fordító a sorközöket betartja, így a szöveg szedése esztétikus marad szövegközi képletek használata esetén is.

Képletek esetén az általános konvenció, hogy a kisbetűk skalárt, a kis félkövér betűk (**v**) oszlopvektort – és ennek megfelelően \mathbf{v}^T sorvektort – a kapitális félkövér betűk (**V**) mátrixot jelölnek. Ha ettől el szeretnénk térni, akkor az alkalmazni kívánt jelölésmódot célszerű külön alfejezetben definiálni. Ennek megfelelően, amennyiben **y** jelöli a mérések vektorát, **v** a paraméterek vektorát és $\hat{\mathbf{y}} = \mathbf{X}\mathbf{v}$ a paraméterekben lineáris modellt, akkor a *Least-Squares* értelemben optimális paraméterbecslő $\hat{\mathbf{v}}_{LS} = (\mathbf{X}^T\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}^T\mathbf{y}$ lesz.

Emellett kiemelt, sorszámozott képleteket is megadhatunk, ennél az equation és a eqnarray környezetek helyett a korszerűbb align környezet alkalmazását javasoljuk (több okból, különféle problémák elkerülése végett, amelyekre most nem térünk ki). Tehát

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{B}\mathbf{u}, \quad (4.1)$$

$$\mathbf{y} = \mathbf{C}\mathbf{x}, \quad (4.2)$$

ahol **x** az állapotvektor, **y** a mérések vektora és **A**, **B** és **C** a rendszert leíró paramétermátrixok. Figyeljük meg, hogy a két egyenletben az egyenlőségjelek egymáshoz igazítva jelennek meg, mivel a mindkettőt az & karakter előzi meg a kódban. Lehetőség van számozatlan kiemelt képlet használatára is, például

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{B}\mathbf{u},$$

$$\mathbf{y} = \mathbf{C}\mathbf{x}.$$

Mátrixok felírására az $\mathbf{Ax} = \mathbf{b}$ inhomogén lineáris egyenlet részletes kifejtésével mutatunk példát:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{pmatrix}. \quad (4.3)$$

A `\frac` utasítás hatékonyságát egy általános másodfokú tag átviteli függvényén keresztül mutatjuk be, azaz

$$W(s) = \frac{A}{1 + 2T\xi s + s^2T^2}. \quad (4.4)$$

A matematikai mód minden szimbólumának és képességének a bemutatására természetesen itt nincs lehetőség, de gyors referenciaként hatékonyan használhatók a következő linkek:

http://www.artofproblemsolving.com/LaTeX/AoPS_L_GuideSym.php,

<http://www.ctan.org/tex-archive/info/symbols/comprehensive/symbols-a4.pdf>,

<ftp://ftp.ams.org/pub/tex/doc/amsmath/short-math-guide.pdf>.

Ez pedig itt egy magyarázat, hogy miért érdemes `align` környezetet használni:

<http://texblog.net/latex-archive/math/eqnarray-align-environment/>.

4.5 Irodalmi hivatkozások

Egy \LaTeX dokumentumban az irodalmi hivatkozások definíciójának két módja van. Az egyik a `\thebibliography` környezet használata a dokumentum végén, az `\end{document}` lezárás előtt.

```
\begin{thebibliography}{9}

\bibitem{Lamport94} Leslie Lamport, \emph{\LaTeX: A Document Preparation System}.
Addison Wesley, Massachusetts, 2nd Edition, 1994.

\end{thebibliography}
```

Ezek után a dokumentumban a `\cite{Lamport94}` utasítással hivatkozhatunk a forrásra. A fenti megadás viszonylag kötetlen, a szerző maga formázza az irodalomjegyzéket (ami gyakran inkonzisztens eredményhez vezet).

Egy sokkal professzionálisabb módszer a BiBTeX használata, ezért ez a sablon is ezt támogatja. Ebben az esetben egy külön szöveges adatbázisban definiáljuk a forrásmunkákat, és egy külön stílusfájl határozza meg az irodalomjegyzék kinézetét. Ez, összhangban azzal, hogy külön formátumkonvenció határozza meg a folyóirat-, a könyv-, a konferenciacyikk-stb. hivatkozások kinézetét az irodalomjegyzékben (a sablon használata esetén ezzel nem is kell foglalkoznia a hallgatónak, de az eredményt célszerű ellenőrizni). felhasznált hivatkozások adatbázisa egy `.bib` kiterjesztésű szöveges fájl, amelynek szerkezetét a A 4.2 kódrészlet demonstrálja. A forrásmunkák bevitelekor a sor végi vesszők külön figyelmet igényelnek, mert hiányuk a BiBTeX -fordító hibaüzenetét eredményezi. A forrásmunkákat típus szerinti kulcsszó vezeti be (`@book` könyv, `@inproceedings` konferenciakiadványban megjelent cikk, `@article` folyóiratban megjelent cikk, `@techreport` valamelyik egyetem gondozásában megjelent műszaki tanulmány, `@manual` műszaki dokumentáció esetén stb.). Nemcsak a megjelenés stílusa, de a kötelezően megadandó mezők is típusról-típusra változnak. Egy jól használható referencia a <http://en.wikipedia.org/wiki/BibTeX> oldalon található.

```

@book{Wettl04,
  author   = {Ferenc Wettl and Gyula Mayer and Péter Szabó},
  publisher = {Panem Könyvkiadó},
  title    = {\LaTeX-kézikönyv},
  year     = {2004},
}

@article{Candy86,
  author   = {James C. Candy},
  journaltitle = {{IEEE} Trans.\ on Communications},
  month    = {01},
  note     = {\doi{10.1109/TCOM.1986.1096432}},
  number   = {1},
  pages    = {72--76},
  title    = {Decimation for Sigma Delta Modulation},
  volume   = {34},
  year     = {1986},
}

@inproceedings{Lee87,
  author   = {Wai L. Lee and Charles G. Sodini},
  booktitle = {Proc.\ of the IEEE International Symposium on Circuits and Systems},
  location  = {Philadelphia, PA, USA},
  month    = {05-4--7},
  pages    = {459--462},
  title    = {A Topology for Higher Order Interpolative Coders},
  vol      = {2},
  year     = {1987},
}

@thesis{KissPhD,
  author   = {Peter Kiss},
  institution = {Technical University of Timi\c{s}oara, Romania},
  month    = {04},
  title    = {Adaptive Digital Compensation of Analog Circuit Imperfections for Cascaded Delta-Sigma Analog-to-Digital Converters},
  type     = {phdthesis},
  year     = {2000},
}

@manual{Schreier00,
  author   = {Richard Schreier},
  month    = {01},
  note     = {\url{http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/}},
  organization = {Oregon State University},
  title    = {The Delta-Sigma Toolbox v5.2},
  year     = {2000},
}

@misc{DipPortal,
  author   = {{Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai Kar}},
  howpublished = {\url{http://diplomaterv.vik.bme.hu/}},
  title    = {Diplomaterv portál (2011. február 26.)},
}

@incollection{Mkrtychev:1997,
  author   = {Mkrtychev, Alexey},
  booktitle = {Logical Foundations of Computer Science},
  doi      = {10.1007/3-540-63045-7_27},
  editor   = {Adian, Sergei and Nerode, Anil},
  isbn     = {978-3-540-63045-6},
  pages    = {266-275},
  publisher = {Springer Berlin Heidelberg},
  series   = {Lecture Notes in Computer Science},
  title    = {Models for the logic of proofs},
  url      = {http://dx.doi.org/10.1007/3-540-63045-7_27},
  volume   = {1234},
  year     = {1997},
}

```

Listing 4.2: Példa szöveges irodalomjegyzék-adatbázisra Bib_TE_X használata esetén.

A stílusfájl egy .sty kiterjesztésű fájl, de ezzel lényegében nem kell foglalkozni, mert vannak beépített stílusok, amelyek jól használhatók. Ez a sablon a BiBTeX-et használja, a hozzá tartozó adatbázisfájl a mybib.bib fájl. Megfigyelhető, hogy az irodalomjegyzéket a dokumentum végére (a `\end{document}` utasítás elé) beillesztett `\bibliography{mybib}` utasítással hozhatjuk létre, a stílusát pedig ugyanitt a `\bibliographystyle{plain}` utasítással adhatjuk meg. Ebben az esetben a plain előre definiált stílust használjuk (a sablonban is ezt állítottuk be). A plain stíluson kívül természetesen számtalan más előre definiált stílus is létezik. Mivel a .bib adatbázisban ezeket megadtuk, a BiBTeX-fordító is meg tudja különböztetni a szerzőt a címtől és a kiadótól, és ez alapján automatikusan generálódik az irodalomjegyzék a stílusfájl által meghatározott stílusban.

Az egyes forrásmunkákra a szövegből továbbra is a `\cite` paranccsal tudunk hivatkozni, így a 4.2. kódrészlet esetén a hivatkozások rendre `\cite{Wettl04}`, `\cite{Candy86}`, `\cite{Lee87}`, `\cite{KissPhD}`, `\cite{Schreirer00}`, `\cite{Mkrtychev:1997}` és `\cite{DipPortal}`. Az egyes forrásmunkák sorszáma az irodalomjegyzék bővítésekor változhat. Amennyiben az aktuális számhoz illeszkedő névelőt szeretnénk használni, használjuk az `\acite{}` parancsot.

Az irodalomjegyzékben alapértelmezésben csak azok a forrásmunkák jelennek meg, amelyekre található hivatkozás a szövegben, és ez így alapvetően helyes is, hiszen olyan forrásmunkákat nem illik az irodalomjegyzékbe írni, amelyekre nincs hivatkozás.

Mivel a fordítási folyamat során több lépésben oldódnak fel a szimbólumok, ezért gyakran többször is le kell fordítani a dokumentumot. Ilyenkor ez első 1-2 fordítás esetleg szimbólum-feloldásra vonatkozó figyelmeztető üzenettel zárul. Ha hibaüzenettel zárul bármelyik fordítás, akkor nincs értelme megismételni, hanem a hibát kell megkeresni. A .bib fájl megváltoztatáskor sokszor nincs hatása a változtatásnak azonnal, mivel nem mindig fut újra a BibTeX fordító. Ezért célszerű a változtatás után azt manuálisan is lefuttatni (TeXstudio esetén Tools/Bibliography).

Hogy a szövegbe ágyazott hivatkozások kinézetét demonstráljuk, itt most sorban meghivatkozunk a [8], [2], [5], [4], [7] és a [6]³ forrásmunkát, valamint az [1] weboldalt.

Megjegyzendő, hogy az ékezetes magyar betűket is tartalmazó .bib fájl az inputenc csomaggal betöltött latin2 betűkészlet miatt fordítható. Ugyanez a .bib fájl hibaüzenettel fordul egy olyan dokumentumban, ami nem tartalmazza a `\usepackage[latin2]{inputenc}` sort. Speciális igény esetén az irodalmi adatbázis általánosabb érvényűvé tehető, ha az ékezetes betűket speciális latex karakterekkel helyettesítjük a .bib fájlban, pl. á helyett `\'a`-t vagy ő helyett `\H{o}`-t írunk.

Irodalomhivatkozásokat célszerű először olyan szolgáltatásokban keresni, ahol jó minőségű bejegyzések találhatók (pl. ACM Digital Library,⁴ DBLP,⁵ IEEE Xplore,⁶ SpringerLink⁷) és csak ezek után használni kevésbé válogatott forrásokat (pl. Google Scholar⁸). A jó minőségű bejegyzéseket is érdemes megfelelően tisztítani.⁹ A sablon angol nyelvű változatában használt plainnat beállítás egyik sajátossága, hogy a cikkhez generált hivatkozás a cikk DOI-ját és URL-jét is tartalmazza, ami gyakran duplikátumhoz vezet – érdemes tehát a DOI-kat tartalmazó URL mezőket törölni.

³Informatikai témában gyakran hivatkozunk cikkeket a Springer LNCS valamely kötetéből, ez a hivatkozás erre mutat egy helyes példát.

⁴<https://dl.acm.org/>

⁵<http://dblp.uni-trier.de/>

⁶<http://ieeexplore.ieee.org/>

⁷<https://link.springer.com/>

⁸<http://scholar.google.com/>

⁹<https://github.com/FTSRG/cheat-sheets/wiki/BibTeX-Fixing-entries-from-common-sources>

4.6 A dolgozat szerkezete és a forrásfájlok

A diplomatervsablonban a TeX fájlok két alkönyvtárban helyezkednek el. Az `include` könyvtárban azok szerepelnek, amiket tipikusan nem kell szerkeszteniük, ezek a sablon részei (pl. címloldal). A `content` alkönyvtárban pedig a saját munkánkat helyezhetjük el. Itt érdemes az egyes fejezeteket külön TeX állományokba rakni.

A diplomatervsablon (a kari irányelvek szerint) az alábbi fő fejezetekből áll:

1. 1 oldalas *tájékoztató* a szakdolgozat/diplomaterv szerkezetéről (`include/guideline.tex`), ami a végső dolgozathoz törlendő,
2. *feladatkiírás* (`include/project.tex`), a dolgozat nyomtatott verziójában ennek a helyére kerül a tanszék által kiadott, a tanszékvezető által aláírt feladatkiírás, a dolgozat elektronikus verziójában pedig a feladatkiírás egyáltalán ne kerüljön bele, azt külön tölti fel a tanszék a diplomaterv-honlapra,
3. *címloldal* (`include/titlepage.tex`),
4. *tartalomjegyzék* (`thesis.tex`),
5. a diplomatervező *nyilatkozata* az önálló munkáról (`include/declaration.tex`),
6. 1-2 oldalas tartalmi *összefoglaló* magyarul és angolul, illetve elkészíthető még további nyelveken is (`content/abstract.tex`),
7. *bevezetés*: a feladat értelmezése, a tervezés célja, a feladat indokoltsága, a diplomaterv felépítésének rövid összefoglalása (`content/introduction.tex`),
8. sorszámmal ellátott *fejezetek*: a feladatkiírás pontosítása és részletes elemzése, előzmények (irodalomkutatás, hasonló alkotások), az ezekből levonható következtetések, a tervezés részletes leírása, a döntési lehetőségek értékelése és a választott megoldások indoklása, a megtervezett műszaki alkotás értékelése, kritikai elemzése, továbbfejlesztési lehetőségek,
9. esetleges *köszönetnyilvánítások* (`content/acknowledgement.tex`),
10. részletes és pontos *irodalomjegyzék* (ez a sablon esetében automatikusan generálódik a `thesis.tex` fájlban elhelyezett `\bibliography` utasítás hatására, a section 4.5-ban leírtak szerint),
11. *függelékek* (`content/appendices.tex`).

A sablonban a fejezetek a `thesis.tex` fájlba vannak beillesztve `\include` utasítások segítségével. Lehetőség van arra, hogy csak az éppen szerkesztés alatt álló `.tex` fájlt fordítsuk le, ezzel lerövidítve a fordítási folyamatot. Ezt a lehetőséget az alábbi kódrészlet biztosítja a `thesis.tex` fájlban.

```
\includeonly{
  guideline,%
  project,%
  titlepage,%
  declaration,%
  abstract,%
  introduction,%
  chapter1,%
  chapter2,%
  chapter3,%
  acknowledgement,%
}
```

```
    appendices,%  
}
```

Ha az alábbi kódrészletben az egyes sorokat a % szimbólummal kikommentezzük, akkor a megfelelő .tex fájl nem fordul le. Az oldalszámok és a tartalomjegyék természetesen csak akkor billennek helyre, ha a teljes dokumentumot lefordítjuk.

4.7 Alapadatok megadása

A diplomaterv alapadatait (cím, szerző, konzulens, konzulens titulusa) a `thesis.tex` fájlban lehet megadni.

4.8 Új fejezet írása

A főfejezetek külön `content` könyvtárban foglalnak helyet. A sablonhoz 3 fejezet készült. További főfejezeteket úgy hozhatunk létre, ha új `TEX` fájlt készítünk a fejezet számára, és a `thesis.tex` fájlban, a `\include` és `\includeonly` utasítások argumentumába felvesszük az új `.tex` fájl nevét.

4.9 Definíciók, tételek, példák

Definition 1 (Fluxuskondenzátor térerőssége). Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. ■

Example 1. *Példa egy példára. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.*

Theorem 1 (Kovács tétele). Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum. ■

Acknowledgements

Ez nem kötelező, akár törölhető is. Ha a szerző szükségét érzi, itt lehet köszönetet nyilvánítani azoknak, akik hozzájárultak munkájukkal ahhoz, hogy a hallgató a szakdolgozatban vagy diplomamunkában leírt feladatokat sikeresen elvégezze. A konzulensnek való köszönetnyilvánítás sem kötelező, a konzulensnek hivatalosan is dolga, hogy a hallgatót konzultálja.

Bibliography

- [1] Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai Kar. Diplomaterv portál (2011. február 26.). <http://diplomaterv.vik.bme.hu/>.
- [2] James C. Candy. Decimation for sigma delta modulation. 34(1):72–76, 01 1986. DOI: 10.1109/TCOM.1986.1096432.
- [3] Gábor Jeney. Hogyan néz ki egy igényes dokumentum? Néhány szóban az alapvető tipográfiai szabályokról, 2014. <http://www.mcl.hu/~jeneyg/kinezet.pdf>.
- [4] Peter Kiss. Adaptive digital compensation of analog circuit imperfections for cascaded delta-sigma analog-to-digital converters, 04 2000.
- [5] Wai L. Lee and Charles G. Sodini. A topology for higher order interpolative coders. In *Proc. of the IEEE International Symposium on Circuits and Systems*, pages 459–462, 05 4–7 1987.
- [6] Alexey Mkrtychev. Models for the logic of proofs. In Sergei Adian and Anil Nerode, editors, *Logical Foundations of Computer Science*, volume 1234 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 266–275. Springer Berlin Heidelberg, 1997. ISBN 978-3-540-63045-6. DOI: 10.1007/3-540-63045-7_27. URL http://dx.doi.org/10.1007/3-540-63045-7_27.
- [7] Richard Schreier. *The Delta-Sigma Toolbox v5.2*. Oregon State University, 01 2000. <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/>.
- [8] Ferenc Wettl, Gyula Mayer, and Péter Szabó. *L^AT_EX kézikönyv*. Panem Könyvkiadó, 2004.

Appendix

A.1 A TeXstudio felülete

Figure A.1.1: A TeXstudio L^AT_EX-szerkesztő.

A.2 Válasz az „Élet, a világmindenség, meg minden” kérdésére

A Pitagorasz-tételből levezetve

$$c^2 = a^2 + b^2 = 42. \quad (\text{A.2.1})$$

A Faraday-indukciós törvényből levezetve

$$\text{rot } E = -\frac{dB}{dt} \quad \longrightarrow \quad U_i = \oint_{\mathbf{L}} \mathbf{E} d\mathbf{l} = -\frac{d}{dt} \int_A \mathbf{B} d\mathbf{a} = 42. \quad (\text{A.2.2})$$